

Lösungsansätze zur Umsetzung der Emissionsanforderungen der 30. BImSchV

U. Lahl, B. Zeschmar-Lahl

1 Hintergrund

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) soll zu einer Regelvariante der Restabfallbehandlung in Deutschland gemacht werden (1). Im September 2000 wurde hierzu ein Verordnungspaket von der Bundesregierung vorgelegt (2), dem der Bundesrat in seiner Sitzung am 21. Dezember 2000 grundsätzlich gefolgt ist (3). Allerdings hat der Bundesrat seine Zustimmung an insgesamt 49 Änderungswünsche geknüpft (4). Das Bundeskabinett hat alle Änderungen akzeptiert und am 31. Januar 2001 nach erneuter Befassung der

- Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen
- Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen - (30. BImSchV)
- Verordnung zur Änderung der Abwasserverordnung

zugestimmt. Die Neuregelungen werden damit am 1. März 2001 in Kraft treten. Danach sind als Behandlungsverfahren vor der Ablagerung künftig neben der Müllverbrennung auch moderne mechanisch-biologische Verfahren zulässig.

Seit Jahren wird das Thema MBA kontrovers diskutiert, u.a. weil aus Umweltschutzsicht die vergleichsweise hohen Emissionen kritisiert werden. Ursache für diese Emissionen sind im Restabfall enthaltene Schadstoffe, die bei der mechanischen und biologischen Behandlung freigesetzt werden. Zusätzlich zur Freisetzung vorhandener Schadstoffe kommt es in der biologischen Behandlungsstufe und insbesondere in der Abgasreinigung der MBA zur de novo-Synthese von Schadstoffen, die das Emissionspotenzial der MBA weiter erhöhen.

2 Emissionspotenzial der MBA

Im Folgenden werden die vorliegenden Erkenntnisse zum Emissionspotenzial der MBA zusammengefaßt. Die Darstellung erfolgt nach Stoffgruppen gegliedert.

Bei den vorliegenden Untersuchungen zum Emissionspotenzial der MBA ist zu unterscheiden zwischen

- Laborversuchen,
- halbtechnischen Versuchen,
- Messungen an großtechnischen Anlagen.

Weiter ist zu beachten, dass die untersuchten Anlagen bzw. Systeme konzeptionell unterschiedlich aufgebaut sind, was zu einer vergleichsweise weiten Spanne von spezifischen Abgasvolumina führt. Die relevanten Größen liegen im Bereich von 3.000 bis 50.000 m³/Mg Abfall.

Daher ist die reine Konzentrationsangabe, wie sie in älteren Untersuchungen mitgeteilt wird, nur von begrenzter Aussagekraft. In den letzten Jahren wurde die Darstellung und Bewertung stärker auf die Fracht abgestellt. Die relevante Einheit ist hierbei die freigesetzte Masse je Megagramm behandelten Abfall(input) in z.B. g/Mg oder kg/Mg.

2.1 Organische Schadstoffe

Organische Stoffe (Kohlenstoffverbindungen) stellen ein herausragendes Emissionsproblem der MBA dar. Grund hierfür sind die hohen Mengen dieser Stoffe, die bereits im Abfall selbst enthalten sind. Hinzu kommen die flüchtigen organischen Stoffe, die während des biologischen Abbaus im Rahmen der Rotte gebildet und freigesetzt werden. Eine umfassende Darstellung älterer Untersuchungsergebnisse ist in (5) enthalten. Von diesen Untersuchungen ist sicherlich das Messprogramm, welches an der Pilotanlage Wittstock durchgeführt wurde, das belastbarste. Folgt man diesen Untersuchungen, ist das Emissionspotenzial (Rohgas) an organischen Stoffen mit rund 1 kg je Mg zu veranschlagen.

Von den in den letzten Jahren durchgeführten Messungen sind insbesondere die Veröffentlichungen des österreichischen Umweltbundesamtes von Bedeutung. Hier wird eine sehr profunde Analytik betrieben. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht, welche Organikfrachten rohgasseitig hier ermittelt wurden.

Tab. 1: Im Rohgas von drei österreichischen MBA ermittelte Organikfrachten

MBA	Aller-heiligen (6)	Kufstein (7)	Siggerwiesen (Rottetrommel)	Siggerwiesen (Rottehalle)	Siggerwiesen insgesamt (8)
Konzentration im Rohgas (TOC in mg/m³)	200	236	756	656	
Abgasvolumen (in m³/Mg)	5.400		600	1.190	
Organikfracht (in kg TOC/Mg)	1,09		0,454	0,782	1,236

Die genannten MBAs weisen vergleichsweise kurze Rottezeiten auf. Für längere Rottezeiten erhöhen sich die Werte. Ebenso ergeben sich erhöhte Werte, wenn die Rotte nicht durchgängig aerob gefahren werden kann.

Das Potenzial an organischen Emissionen aus der MBA bewegt sich folglich daher in einer Spannweite von kleiner 1 kg bis 1,5 kg/Mg.

In der Literatur werden unterschiedliche Auffassungen vertreten, wie diese Emissionen toxikologisch zu bewerten sind. Bild 1 zeigt den Vergleich eines TOCs einer MVA mit den TOC-Werten zweier MBAs, ausgewertet nach TA Luft-Klassen. Bei der MVA wird die Emissionssituation vor der Verabschiedung der 17. BImSchV dargestellt; heute liegen die Werte für diese MVA rund um den Faktor 10 niedriger (9).

Zuordnung des TOC in der Abluft (g/Mg) nach TA Luft

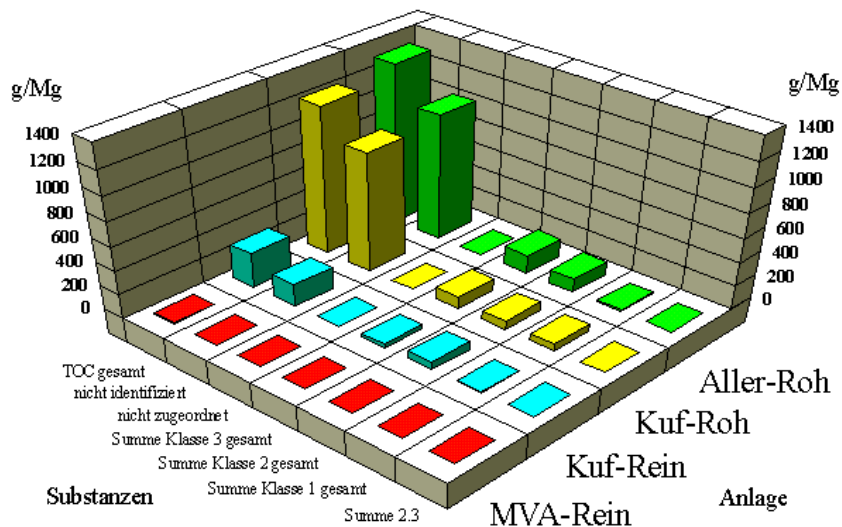


Bild 1: Beispielhafter Vergleich der Aufschlüsselung eines MVA-TOC (10) mit dem TOC zweier MBAs (6, 7); Fracht in g/Mg

Ohne zu sehr in die Details dieser Untersuchung gehen zu wollen, wird aus Bild 1 erkennbar, dass weder die Höhe der Balken noch die relative Verteilung (Summe 2.3, Klasse 1 bis 3) dem TOC der MBA-Emissionen eine Unbedenklichkeit zuzuschreiben erlaubt.

2.2 Stickstoffverbindungen

Ähnlich wie für die organischen Stoffe stellen sich die Potenziale für die Stickstoffverbindungen dar, wobei ein Teil dieser Stoffe auch in der obigen Rubrik mit erfasst sind.

Die ins Abgas abgegebenen Stickstoffverbindungen sind einerseits im Abfall enthaltene und andererseits während des biologischen Abbaus gebildete flüchtige Verbindungen. Zu den mengenmäßig wichtigen Verbindungen gehört das Ammoniak (NH_3). Die NH_3 -Konzentrationen im Rohgas vieler MBAs liegen im Bereich von 30 bis 100 mg/m^3 . In den Fällen, in denen Klärschlamm in der MBA mit behandelt wird, steigen die Konzentrationen bis auf 500 mg/m^3 an (und darüber).

Auf die Fracht bezogen dürften die NH_3 -Werte im Bereich von 0,3 kg bis 7 kg/Mg liegen, wobei Werte oberhalb von 1,5 kg/Mg häufig auf die Klärschlammmitbehandlung zurückzuführen sind.

Weitere anorganische Stickstoffverbindungen werden nur in geringem Umfang emittiert (z.B. NO_x). Eine frachtmäßig höhere Relevanz weisen *organische* Stickstoffverbindungen auf. Cuhls (11) berichtet für die MBA Bassum von 0,1 kg/Mg. Als Einzelstoffe wurden neben N-Nitroso-Verbindungen bisher hauptsächlich Amine identifiziert.

2.3 Schwefelverbindungen

Die Emissionen an Schwefelverbindungen liegen vergleichsweise niedrig. Es werden anorganische Schwefelverbindungen und organische Schwefelverbindungen emittiert. Die Fracht berechnet auf S dürfte im Bereich von 0,05 bis 0,1 kg/Mg liegen.

2.4 Schwermetalle

Die Schwermetallemissionen aus der MBA sind vergleichsweise niedrig. Die schwer flüchtigen Schwermetalle werden staubgebunden emittiert und richten sich daher nach den Belastungen des Staubs.

Von größerer Relevanz ist das flüchtige Schwermetall Quecksilber. Cuhls hat für die niedersächsischen MBAs Werte im Bereich von 1 – 25 mg/Mg gemessen, der Maximalwert betrug 110 mg/Mg (11).

2.5 Mikroorganismen

Das Thema Mikroorganismen aus MBA-Anlagen ist, obwohl es von großer Relevanz ist, bisher nur am Rande behandelt worden.

Besonders hohe aerogene Keimkonzentrationen treten in Abfallbehandlungsanlagen bei Mühlen/Shreddern, in der Rottehalle sowie beim Umsetzen des Rottematerials und bei der Sortierung und Feinaufbereitung des Kompostes auf (12). Nach einer anderen Studie treten ebenfalls sehr hohe aerogene Pilz- und Actinomyceten-Konzentrationen ($>> 10^5$ Koloniebildende Einheiten (KBE)/m³) bei bestimmten Arbeiten im Außenbereich (Störstoffauslese), im Innenbereich bei der Handsortierung und in den Fahrzeugkabinen der Radlader auf, auch wenn diese mit Lüftungstechnischen Einrichtungen ausgestattet sind (13).

Im Umfeld von Kompostierungsanlagen, die der MBA sicherlich in vielerlei Hinsicht vergleichbar sind, können erhöhte Keimkonzentrationen in der Außenluft auftreten. Hier taucht allerdings ein Problem auf. So gehen die Angaben über die aerogenen Keimkonzentrationen in unbelasteter Außenluft weit auseinander. Die meisten Autoren berichten von wenigen Hundert bis wenigen Tausend KBE/m³ (14, 15, 16, 17), wobei je nach äußeren Bedingungen (z.B. nach einer Sturmnacht im Herbst) auch Maximalwerte von 46.000 KBE/m³ an Gesamtkeimen und 6.000 KBE/m an Pilzsporen aufgetreten sind (18). Der LASI hat als Orientierungswert, wann eine Luft keinen Außenluftcharakter mehr hat, 10.000 KBE/m³ angegeben, was nach Meinung von Fachleuten sehr hoch angesetzt ist (19). Dem hingegen werden bei sog. „Nullproben“-Messungen auf abfallwirtschaftlichen Anlagen – das sind Vergleichsmessungen auf dem Werksgelände als Kontrolle gegenüber den Messungen an verschiedenen Arbeitsbereichen – bereits deutlich höhere Gehalte berichtet. So wurden bei Kompostierungsanlagen für Gesamtkeime Medianwerte von 12.000 KBE/m³ und Maxima von 1,1 Mio. KBE/m³ gemessen, und 60.000 KBE an Pilzen, vorwiegend *Aspergillus fumigatus* (18). Als Ursache für die hohe mikrobielle Grundbelastung an z.B. Kompostanlagen werden die Anlagen selbst gesehen, z.B. die Vorratslager, aber auch die Biofilter (20). Die Wetterabhängigkeit spielt ebenfalls eine gewisse Rolle, insbesondere bei Anlagen mit offenen Kompostierungsflächen (18).

Messungen der aerogenen Keimkonzentrationen in unterschiedlichen Abständen von Anlagen werden in der Literatur nur wenig berichtet (Zusammenstellung z.B. in (21, 22)). Zumeist wird hier im Abstand von einigen Hundert Metern, oft noch darunter, kein Einfluß der Anlage auf die Immissionssituation mehr festgestellt. Hofmann (23) gibt an, dass schon nach Entfernungen unterhalb von 300 m in vielen Fällen Konzentrationswerte gefunden werden, die von der normalen Hintergrundbelastung nicht mehr zu unterscheiden sind (23). Dies kann aber, neben der zu erwartenden hohen Verdünnung der Emission in der Außenluft bis zum Meßort auch an der verwendeten Meßmethodik (z.B. Sammlung mit RCS), ebenso an der teils recht dünnen Datenbasis liegen. So gibt es experimentelle Untersuchungen, bei denen auch bei größeren Entfernungen noch gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Keimkonzentrationen festgestellt wurden (wie (24, 25)).

2.6 Fazit Emissionspotenzial

Wie dargestellt, tritt im MBA-Abgas ein hohes Emissionspotenzial an human- und ökotoxischen Stoffen auf; es muss zudem als relevante Quelle für die Emission von Mikroorganismen gesehen werden. Dieses Problem wird dadurch verstärkt, dass je nach eingesetzter Technik der Behandlung diese Emissionen auch einen beachtlichen Schwankungsbereich aufweisen. Gefordert ist daher eine Abgasreinigung, die aus lokaler (Nachbarschaftsschutz) und globaler ökologischer Sicht die bestmögliche Senkung der Emissionen an Schadstoffen und Mikroorganismen gewährleistet.

3 Die 30. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (30. BImSchV)

Vor dem geschilderten Hintergrund (Emissionspotenzial) sind die Bemühungen des Verordnungsgebers zu sehen, mit der 30. BImSchV ein Regelwerk zu schaffen, was die MBA abgasseitig an den Stand der Technik heranführt. Die **30. BImSchV** enthält Anforderungen an die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen wie z.B.:

- Mindestabstand zu Wohnbebauungen 300 m
- Kapselung oder Einhausung der Einrichtungen zur Abfallannahme, mechanischen Aufbereitung, physikalischen Stofftrennung, Lagerung, Transport und biologischen Behandlung
- Minimierung der Abluft nach Möglichkeit (z.B. durch Mehrfachnutzung) und vollständige Zuführung zu einer Abluftreinigung, Ableitung über Kamin.

Die folgende Tabelle zeigt die Emissionsgrenzwerte für das Abgas, die von Neuanlagen ab dem 1.3.2001 einzuhalten sind. Für Altanlagen gelten die Anforderungen nach Ablauf von 5 Jahren nach Inkrafttreten der Verordnung.

Tab. 2: Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an die MBA (30. BImSchV)

Parameter	Halbstundenmittelwert (mg/m ³)	Tagesmittelwert (mg/m ³)	Fracht (g/Mg)	Messwert
Staub	30	10		
TOC incl. Methan	40	20	55	
N ₂ O (Lachgas)			100	
Geruchsstoffe				500 GE
PCDD/F (in TE)				0,1 ng/m ³

Die Anforderungen sind u.E. ehrgeizig. Insbesondere die Festlegungen von Monatsfrachtwerten ist ein Novum in der deutschen immissionschutzrechtlichen Verordnungslandschaft.

Es gibt auch Ausnahmen von den Anforderungen: Bei einer mehrstufigen biologischen Behandlung kann eine offene Nachrotte im Einzelfall zugelassen werden, wenn die Atmungsaktivität nach der Intensivrotte weniger als 20 mg O₂/kg TM beträgt.

4 Abgasreinigung

Die größten Anstrengungen werden zu unternehmen sein, um den Monatsfrachtwert für TOC von 55 g/Mg einzuhalten. Im Folgenden wird daher dargestellt, welche Techniken für die Abgasreinigung der MBA vorhanden und in wieweit sie geeignet sind.

4.1 Biofilter

Nach einer Auswertung von knapp 40 MBA in Europa (1999) verfügen 40 % der Anlagen über keine Abluftreinigung (26, 27). In den übrigen Anlagen dominiert der offene Biofilter (45 %). Bei den Anlagen, die keine Abgasreinigung aufweisen, handelt es sich zumeist um sog. low-level-MBAs. Diese Einfachstanlagen sind daher auch in der kritischen Diskussion und gelten in Deutschland als Auslaufmodell .

Die Abgasreinigung der technisierten MBAs findet in der Regel über Biofilter statt. Aber auch in diesen Fällen weist die Qualität der biologischen Abgasreinigung erhebliche Schwankungen auf.

Eine Mindestanforderung an den sog. Biofilter ist die vorgeschaltete Luftbefeuchtung, um Austrocknungsreaktionen des Filters zu mindern. Diese Ausstattung ist in Deutschland in der Regel gegeben. Weiter ist für einen funktionstüchtigen Biofilter eine Mindestgröße (Dimensionierung) zu beachten. Unsere Recherche an den betriebenen Anlagen in Deutschland und Österreich zeigt, dass Biofilter, wenn sie vorhanden sind, eine recht unterschiedliche Auslegung bzw. Dimensionierung aufweisen. Biofilter sind, ähnlich wie physikalisch oder chemisch wirkende Filter, auf die zu reinigende Abluft bezogen, ausreichend zu dimensionieren. Im Kern geht es hierbei, etwas vereinfacht gesprochen, um die Sicherstellung einer bestimmten Verweilzeit der Abluft im Filter, um überhaupt einen Stoffaustausch zwischen Filtermedium und Abluft zu erreichen. Bild 2 zeigt diesen Zusammenhang an einer Untersuchung von Kläranlagenabluft, die eine der MBA-Abluft vergleichbare Zusammensetzung aufweist.

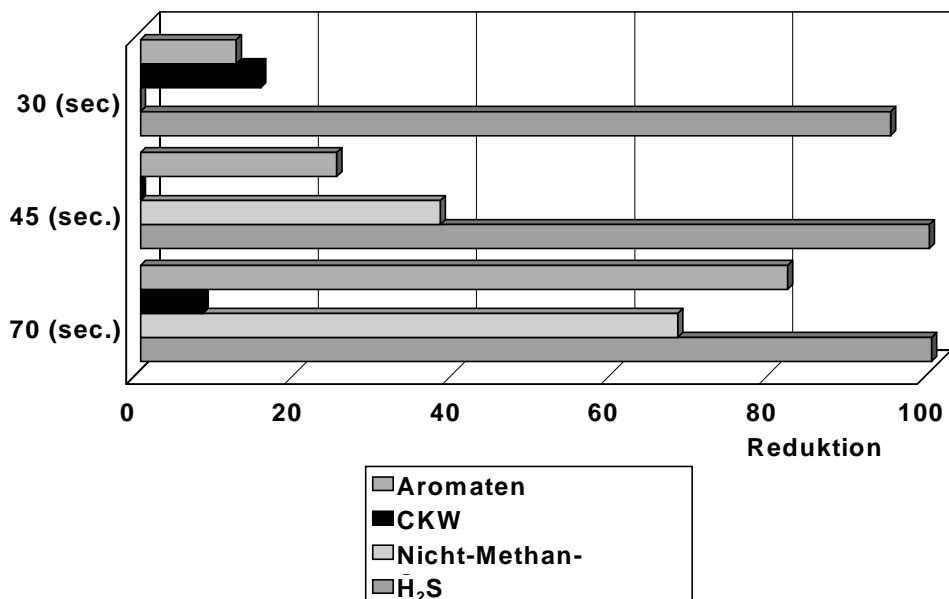


Bild 2: Abscheideergebnisse bei unterschiedlicher Fahrweise der Biofilter; Material Biofilter: Grünabfallkompost (28)

Die Kontaktzeiten im Biofilter werden wiederum hauptsächlich durch das Verhältnis von Filtergröße (in m³), Porenvolumen und zu reinigender Abluft (in m³/Zeiteinheit) erreicht. Tab. 3 zeigt eine Übersicht der Filterauslegungsdaten an MBAs. Es wird deutlich, dass bei den MBA in recht unterschiedlichem Umfang in die Filterdimensionierung investiert wurde. Die Kontaktzeit liegt teilweise unter 30 sec., es werden aber auch Werte > 100 sec. angegeben. Insgesamt zeigen diese Zahlen, dass eine Reihe von Biofiltern mit ungünstiger Dimensionierung betrieben werden.

Tab. 3: Auslegungsdaten von Biofiltern an MBAs: Volumenbelastung [m³/m³·h] (26)

Anzahl Anlagen	5	15	3	Minimum	Maximum
Volumenbelastung [m ³ /m ³ ·h]	< 50	50 – 100	100 – 150	18	260

Von besonderer Bedeutung für eine zuverlässige Abscheideleistung des Biofilters ist der Witterungseinfluss (Temperatur, Sonneneinstrahlung, Niederschläge). Hier zeigt die folgende Tabelle etwas detaillierter die Ausstattung der besseren MBA-Biofilter in Deutschland. Man erkennt, dass in der Regel eine Einhausung des Filters nicht realisiert ist. Tab. 4 zeigt auch, wie selbst hinter technisierten MBAs die Auslegungsgrößen variieren.

Tab. 4: Aufbau und Verfahrensvarianten der biologischen Abluftreinigung an technisierten MBAs (11)

Anlage	Wittstock	Horm	Lüneburg	Wiefels	Bassum
Biofilter-system	Abgedeckter Container-biofilter mit Berieselung	Offener Flächenfilter	Offener Flächenfilter	Abgedeckter Containerfilter mit Berieselung	Geschlossener Raumfilter mit Berieselung
Filtermaterial	Fertigkompost aus Grünabfall	Gerissenes Wurzelholz, Rindenmulch	Gerissenes Wurzelholz	„Bonfil“, Rindenmulch und Füllkörper	Gerissenes Wurzelholz
Spez. Luftmenge (Nm ³ /Mg) Bezugsjahr 1998	15.000 bei 4 Wochen Rotte	1.100 – 2.000 bei 5 bis 7 Tagen Rotte	20.000 – 32.000	15.000 – 28.000	14.000 – 25.000
Volumenbelastung (Auslegungswerte)	∅ 87 m ³ /(m ³ h); max. 160 m ³ /(m ³ h)	< 50 m ³ /(m ³ h)	< 67 m ³ /(m ³ h)	< 260 m ³ /(m ³ h)	< 60 m ³ /(m ³ h)
Flächenbelastung (Auslegungswert)	∅ 96 m ³ /(m ² h); max. 180 m ³ /(m ² h)	< 70 m ³ /(m ² h)	< 100 m ³ /(m ² h)	< 260 m ³ /(m ² h)	< 190 m ³ /(m ² h)
Durchströmung	↑	↑	↑	↑	↓
Reingasableitung	abgedeckt, bodennah	offen, bodennah	offen, bodennah	abgedeckt, bodennah	eingehaust, über Kamin

Schließlich hat sich in den letzten beiden Jahren herausgestellt, dass die in Betrieb befindlichen Biofilter eine deutlich zu hohe Beaufschlagung mit Ammoniak (NH₃) aufweisen. Hierdurch kommt es zur Schädigung der Biozönose des Filters und zur Bildung von klimarelevantem N₂O (29). Heute wird daher von Seiten der MBA-Planer und Biofilterhersteller die Notwendigkeit gesehen, dem Biofilter einen zusätzlichen Wäscher zur NH₃-Abscheidung vorzuschalten (30). Diese Ausstattung weist gegenwärtig keine der MBA-Anlagen auf (Der bei einigen MBAs eingesetzt Luftbefeuchter vor Biofilter ist kein adäquater Ersatz für einen Wäscher). **Daher kann gegenwärtig auch nicht davon gesprochen werden, dass bisher funktionstüchtige Filtersysteme für die MBA in Betrieb befindlich sind.** Wobei die Installation eines sauren Wäschers keine technisch übermäßig schwierige Aufgabe darstellen würde, man also nicht davon sprechen kann, dass die Kombination Wäscher / Biofilter eine nicht verfügbare Technologie darstellen würde. Das Beispiel NH₃ dokumentiert allerdings, wie stark das Thema Abgasreinigung bisher vernachlässigt wurde.

Von größerer Bedeutung sind die Fragen, die die Eignung des Biofilters für die Abgasreinigung der MBA grundsätzlich in Zweifel ziehen.

Da ist einerseits auf den Charakter des MBA-Abgases hinzuweisen. Das Abgas ist in stark schwankender Konzentration mit den oben dargestellten Schadstoffen belastet. So schwankt der TOC unter Umständen im Zeitraum von Stunden zwischen 100 bis > 1.000 mg/m³. Diese Schwankungen gehen einher mit Veränderungen des Spektrums an Einzelstoffen, die den TOC bilden. Es ist zu bezweifeln, dass die Biozönose sich an derartige Schwankungen kurzfristig adaptieren kann.

Neben den Schwankungen der Konzentrationen kommt hinzu, dass im MBA-Abgas anteilig auch Einzelstoffe enthalten sind, die sich dem biologischen Abbau ganz oder weitgehend entziehen (weil biologisch schwer abbaubar und/oder sehr flüchtig; sog. POP = persistent organic pollutants). Zu den POP gehören u.a. CKW, FCKW, Methan, einzelne Kohlenwasserstoffe, Phthalate u.ä.. Die fehlende oder nur geringe biologische Abbaubarkeit ist einer der Hauptgründe, weshalb diese Stoffe ein Umweltrisiko darstellen.

Tab. 5 zeigt Messergebnisse an gut gewarteten Biofiltern mit vorgeschalteten Luftbefeuchtern. Aufgenommen sind die Stoffe, die nach Cuhls/Doedens (31) repräsentativ für MBA-Abluft und immissionsschutzrechtlich relevant sind. Man erkennt, dass mit der Kombination aus Luftbefeuchter und Biofilter insbesondere für die kritischen organischen Stoffe der Klassen I und II nach Nr. 3.1.7 TA Luft keine effektive Reduktionswirkung erreicht wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Der Biofilter mutet auf den ersten Blick als robustes und einfach zu betreibendes Abgasreinigungssystem an. Im Falle der kritischen Prüfung von Biofiltern hinter MBAs (siehe Zusammenstellung in Tab. 5) und auch im Falle von kontrollierten Untersuchungsprogrammen an technischen Versuchsfiltren hat sich jedoch gezeigt, dass erhebliche Probleme und Unzulänglichkeiten auftraten. Diese Mängel können wiederum in der Regel auf Versäumnisse bei Installation, Betrieb und Wartung erklärt werden (abstrahiert man einmal von den grundsätzlichen Unzulänglichkeiten bei der Abreinigung von biologisch schwer abbaubaren Einzelstoffen). Bei einer gewissen Häufung derartiger Probleme in Theorie und Praxis muss natürlich auch die Frage gestellt werden, ob der Biofilter für die MBA tatsächlich das robuste und einfach zu betreibende Abgasreinigungssystem ist.

Diese Zwischenbilanz an Erfahrungen einerseits und die von staatlicher Seite geforderten scharfen Grenzwerte für gereinigtes MBA-Abgas andererseits waren treibendes Motiv, um Alternativen zum Biofilter zu erproben. Parallel hierzu wurden und werden Versuche unternommen, den Biofilter vor dem Hintergrund der dargestellten Probleme weiterzuentwickeln.

Tab. 5: Rückhaltewirksamkeit von Biofiltern für organische Stoffe nach Nr. 3.1.7 TA Luft (31)

Abluftkomponente	Bassum (n = 4)	Düren (n = 4)	Wiefels (n = 2)
TA Luft, Klasse I:			
• Acetaldehyd	-18 – 99 %	99 %	99 %
• Naphthalin	50 – 75 %	38 – 93 %	58 – 82 %
• Dichlormethan	-53 – 80 %	-300 – -33 %	43 – 62 %
• n-Butylacetat	83 – 96 %	73 – 99 %	97 – 99 %
• 2-Hexanon	75 – 80 %	-	80 – 82 %
• Phenol	-25 – 79 %	75 – 88 %	47 – 94 %
• Dimethyldisulfid	44 – 78 %	-55 – 89 %	10 – 31 %
• Kampfer	60 – 88 %	60 – 90 %	88 – 91 %
TA Luft, Klasse II:			
• Toluol	29 – 50 %	7 – 36 %	16 – 39 %
• 3/4-Ethyltoluol	38 – 96 %	45 – 77 %	23 – 45 %
• 2- Ethyltoluol	14 – 89 %	25 – 55 %	33 – 41 %
• Ethylbenzol	27 – 61 %	16 – 43 %	12 – 42 %
• m/p-Xylol	30 – 71 %	19 – 45 %	9 – 42 %
• o-Xylol	7 – 63 %	20 – 45 %	23 – 41 %
• Styrol	64 – 89 %	44 – 66 %	21 – 50 %
• 1,4-Dichlorbenzol	0 – 73 %	-1.900 – 89 %	-130 – -13 %
• Limonen	94 – 98 %	30 – 63 %	29 – 40 %
TA Luft, Klasse III:			
Aceton	99 – 100 %	93 – 97 %	94 – 97 %
Ethanol	94 – 99 %	100 %	100 %
2-Butanon	94 – 99 %	95 – 100 %	99 – 100 %
Ethylacetat	74 – 93 %	82 %	97 – 99 %
α-Pinen	59 – 83 %	5 – 39 %	8 – 44 %
β-Pinen	53 – 81 %	38 – 49 %	12 – 44 %
TA Luft, 2.3 (Carcinogene):			
Benzol	0 – 17 %	-	0 – 20 %
Trichlorethen	- 108 – 3 %	67 – 90 %	20 – 46 %

Aus unserer Sicht ist die Anforderung der 30. BImSchV (TOC, Konzentration und Fracht) bei ausschließlicher Einsatz von Biofiltern nicht zuverlässig zu erfüllen. Daher werden an allen MBAs in Deutschland (gegenwärtig 30 Anlagen im Betrieb und rund zehn in der Ausschreibung) Nachrüstungen vorzunehmen sein.

4.2 Chemischer Wäscher

Chemische Wäscher sind in sehr unterschiedlicher Art und Weise in der industriellen Abgasreinigung im Einsatz. Gerade für Abgas mit organischen Einzelstoffen als Beladung ist ein derartiges Filtersystem theoretisch denkbar.

Als chemische Zusätze kämen beispielsweise oxidativ wirkende Chemikalien in Betracht, die die Schadstoffe des Abgases zerstören. Allerdings haben sich derartige Systeme in der MBA-Praxis bisher nicht durchgesetzt. Einzig die MBA Mailand („Ex-Maserati“) verfügt über Wäscher mit oxidativ wirkenden Chemikalien als Zusatz (32).

Weiter wird in Einzelfällen der Luftbefeuchter vor Biofilter mit chemischen Zusätzen gefahren (z.B. MBA Schaffhausen). Diese Zusätze dienen der Bekämpfung von Geruchsproblemen und haben desodorierende Wirkungen.

Insgesamt dürften derartige Systeme für die MBA nur in Einzelfällen als Ergänzungsaggregat von Interesse sein. Grund hierfür ist in der oben beschriebenen weiten Bandbreite sehr unterschiedlich reaktiver Einzelverbindungen im MBA-Abgas zu sehen. Hinzu kommen die vergleichsweise niedrigen TOC-Konzentrationen bei den heute vorherrschend realisierten Abgaskonzepten. Schließlich ergäbe sich die Notwendigkeit, will man eine hohe Reaktivität der Filter sicherstellen, dass mit relativ aggressiven Chemikalien umgegangen werden müsste.

4.3 Adsorptive Filter

Adsorptiv wirkende Filter scheinen theoretisch ebenfalls für die Abgasreinigung der MBA geeignet. Der Vorteil derartiger Systeme beispielsweise auf der Basis von Aktivkohle ist ihre kurzfristige Verfügbarkeit. Es ist kein Einfahrvorgang erforderlich. Der Filter kann quasi auf Knopfdruck in den Abgasstrom „eingekoppelt“ werden.

Dies ist sicherlich der Grund, warum Aktivkohle-Filter zur Bunker-Notentlüftung in MVAs eingesetzt werden. Die Bunkerabluft aus der MVA weist eine vergleichbare Zusammensetzung auf, wie dies für MBA-Bunker und verdünntes Rotteabgas der Fall sein dürfte.

Dennoch haben sich derartige Systeme bisher nirgendwo in der MBA-Praxis durchsetzen können. Hierfür sind sicherlich die vergleichsweise hohen Kosten zu nennen. Hinzu kommt, dass mit der Entsorgung der beladenen Aktivkohle auch ein logistisches Problem anzusprechen ist.

4.4 Thermisch-regenerative Abgasreinigung

Theoretisch ist das Verbrennen (thermische Behandeln) von organisch beladenen Abgasen eine verfügbare Technik. Der Vorteil dieser Technik ist ihr zu erwartender hoher Wirkungsgrad. Der Nachteil der thermischen Abgasbehandlung ist ihr hoher Energieverbrauch, der sowohl als ökonomischer als auch als ökologischer Nachteil zu werten ist.

Dieser Nachteil tritt nicht auf, wenn Abgas zu behandeln ist, das sehr hoch mit Organik beladen ist. In diesen Fällen verringert sich der erforderliche Brennstoffbedarf drastisch und kann bis auf Null gehen. Derartige Fallkonstellationen sind in einer Reihe von industriellen Anwendungsgebieten gegeben (beispielsweise Lackierereien oder Chemische Industrie).

Häufig ist das zu reinigende Abgas aber geringer mit Organik beladen. In diesen Fällen kann dennoch auf eine thermische Abgasreinigung zurückgegriffen werden. Allerdings ist in diesen Fällen die über die Behandlung des Abgases eingebrachte Energie (Wärme) aus dem gereinigten Abgas wieder zurückzugewinnen und dem zu reinigenden Abgas zuzuführen (regenerative thermische Abgasbehandlung). Hierdurch gelingt eine beträchtliche Energieeinsparung.

Die Wärmerückgewinnung gelingt nur anteilig. Der Umfang der Wärmerückgewinnung ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal der am Markt konkurrierenden Systeme der thermischen Abgasreinigung. Die heute angebotenen Systeme weisen Rückgewinnungsraten von 90 % und darüber auf. Bei hoher Wärmerückgewinnung sinkt natürlich auch der Punkt, bei dem ein Abgas ohne Brennstoffzusatz thermisch behandelt werden kann. Bei hohen Rückgewinnungsraten kann man bis in den Bereich von MBA-Abgasen kommen (1.000 – 1.500 mg/m³ TOC). Wobei eine derartige Konzentration nur bei Abgas-Managementkonzepten auftritt, die innerhalb der MBA eine Abgasrückführung betreiben.

Aufgrund der Diskussionen über verschärfte Abgasreinigungsvorschriften des Verordnungsgebers und eine stärkere Sensibilisierung von Genehmigungsbehörden bezüglich der Abgaszusammensetzung der MBA ist die thermische Abgasreinigung in den letzten Monaten verstärkt in die Diskussion gekommen. Einzelne Anlagen wurden mit derartigen Techniken ausgerüstet (s.u.). Versuche mit Pilotanlagen wurden durchgeführt bzw. sind in Vorbereitung (33). Die folgende Tabelle zeigt den Markt an Anbietern. Es zeigt sich, dass der Anbietermarkt umfänglich gegeben ist.

Tab. 6: Anbieter von Abgasreinigungstechniken für thermisch-regenerative Abgasreinigung (Auswahl)

Firma	Ort	Home: http://****
ACV Dipl. Ing. Schwald-GmbH ¹	D-95145 Oberkotzau	www.bnhof.de/~acv/index.htm
CTP – Chemisch Thermische Prozesstechnik Ges.m.b.H	A-8042 Graz	www.ctp.at/ctp/index.htm
Dürr Aktiengesellschaft	D-70435 Stuttgart - Zuffenhausen	www.durr.com/d/index.htm
E.I.Tec. GmbH Ingenieurbüro für Internationale Energie- und Umwelttechnologie	D-95463 Bindlach	www.eitec-gmbh.de/index.htm
Eisenmann Maschinenbau KG	D-71002 Böblingen	www.eisenmann.de/index.htm
ENVIROTEC Gesellschaft für Umwelt- & Verfahrenstechnik m.b.H.	D-63594 Hasselroth 3	www.envirotec.de
EUT Energie- und Umwelttechnik GmbH	A-1232 Wien	www.eutwien.at
Haase Energietechnik GmbH	D-24539 Neumünster	www.haase-energietechnik.de/
Herhof Umwelttechnik GmbH	D- 35606 Solms- Niederbiel	www.herhof.de/
KRANTZ TKT, Zweigniederlassung Aachen	D-52072 Aachen	www.krantz-tkt.de/ (Muttersgesellschaft)
Langbein & Engelbracht GmbH	D-44879 Bochum	www.l-e.de
LTG Holding GmbH	D-70435 Stuttgart	www.ltg.de/home.htm
Lufttechnik Bayreuth GmbH & Co. KG	D-95497 Goldkronach	www.ltb.de
Reeco-Stroem A/S (→ RE-THERM-Anlagen)	DK-7100 Vejle	www.reeco-stroem.dk/de/
RELUTHERM Energie- und Umwelttechnik GmbH	D-28237 Bremen	www.relutherm.de/
ROTAMILL Anlagen- und Ventilatorenbau GmbH	D-57023 Siegen	www.rotamill.de/ht22.htm
W. KREUTZ Industriewärmetechnik GmbH	D-58708 Menden	www.wanson.de/

¹ als Handelsvertretung für Rotamill GmbH (Vertretungsgebiet: Franken, neue Bundesländer)

4.4.1 Thermisch-regenerative Abgasreinigung der Herhof Umwelttechnik

Die beiden ersten thermisch-regenerativen Abgasreinigungsanlagen werden hinter MBAs der Fa. Herhof betrieben. Daher wird dieses System (**Luft-Aufbereitungs- und Reinigungs-Anlage LARA**) im folgenden etwas detaillierter beschrieben (34).

4.4.1.1 Technische Funktionsweise

Die Abgasreinigung erfolgt in einer Brennkammer, in der die Abgasbestandteile oxidiert werden. Das System der Firma Herhof weist eine Reihe von Besonderheiten auf, die im folgenden kurz skizziert werden.

Die folgende Abbildung zeigt eine Prinzipskizze in Form der Seitenansicht.

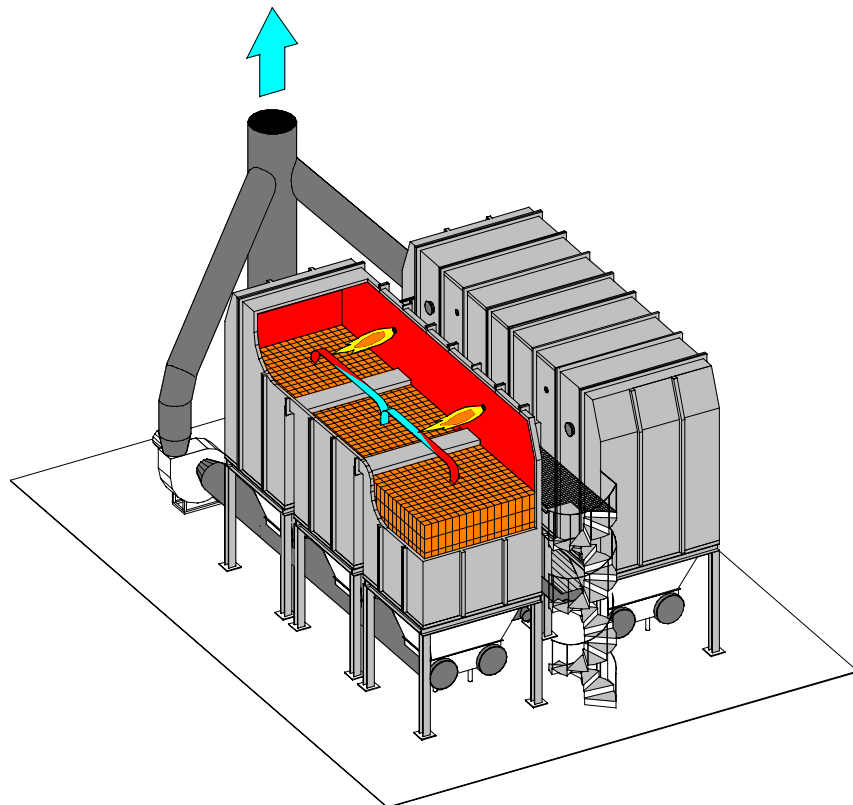


Bild 3: Schematische Darstellung der LARA (Fa. Herhof)

Die LARA verfügt über drei Brennkammern. Die Brennkammern sind mit Keramik-Wärmetauschern befüllt. Die Kammern werden von unten über Trichter angeströmt. Oberhalb der Keramik-Befüllung ist ein Luftvolumen vorhanden, in dem sich Gaslanzen mit Gasbrennern befinden, um die erforderliche Zusatzenergie ins System zu geben (Bild 3).

Zum Anfahren der Anlage wird eine Brennkammer auf die erforderliche Reaktionstemperatur gebracht. Das zu reinigende kalte Abgas wird von unten in die Brennkammer geleitet und erwärmt sich im Verlauf der Durchströmzeit auf die Reaktionstemperatur. Die Brennkammer ist so ausgelegt, dass die Verweilzeit mindestens 2 Sekunden beträgt.

Anschließend verlässt die gereinigte Abluft die Brennkammer, wird aber nicht über den Kamin abgeleitet, sondern wird zunächst in eine zweite Brennkammer geführt (von oben nach unten). Dort gibt das gereinigte Abgas nun entlang der Fließstrecke seine Energie an die kalten Wärmetauschersteine ab. Selbige erwärmen sich so innerhalb eines Zeitintervalls nach und nach auf die geforderte Reaktionstemperatur. In dieser Zeit kühlen die Wärmetauschersteine in der Brennkammer (von unten nach oben) sukzessive ab. Daher wird für einen definierten Zeitraum, über Ventile gesteuert, die Fließrichtung umgekehrt.

In dieser Form würde ein System mit zwei Brennkammern funktionieren. Der kritische Punkt bei einer derartigen Ausstattung ist die Umkehrung der Fließrichtung. Kritisch u.a. deshalb, weil im Moment der Umkehr eine Teilmenge des zu reinigenden Abgases noch nicht vollständig die Reaktionstemperatur erreicht hat und dennoch ins Reingas herausgedrückt wird. Dieses Abgaspaket hat zwar bereits Energie aufgenommen, kann selbige aber nicht wieder abgeben. Dies senkt die erreichbare Wärmerückgewinnung um mehrere Prozentpunkte.

Weiter sind die im Abgas enthaltenen organischen Schadstoffe überhaupt nicht oder nur anteilig oxidiert. Dies führt im Reingas zum Auftreten von Konzentrationsspitzen (Peaks). Das folgende Bild zeigt dieses Phänomen. Die Peaks führen dazu, dass sich der Mittelwert der Abgasreinigung nicht unbeachtlich verschlechtert.

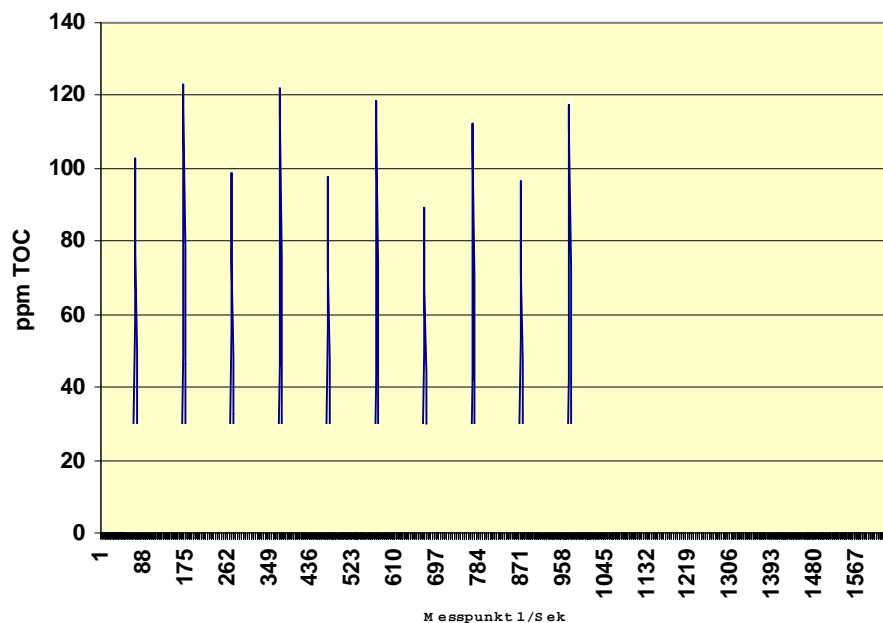


Bild 4: Schematische Darstellung eines TOC-Diagramms für die thermisch regenerative Abgasreinigung in einem Zwei-Kammer-System.

Schließlich ist die unvollständige Oxidation, die in diesem Luftpaket stattfindet, auch ein toxiologisches Thema, da hierbei durch radikalische Reaktionen neue Schadstoffe entstehen können, die nicht mehr zerstört werden.

In einem Drei-Kammer-System wird erreicht, dass beim Umschaltvorgang das un- bzw. teilbehandelte Abgaspaket nicht ins Reingas, sondern in die dritte Kammer gedrückt wird. Hier wird das Abgas auf die erforderliche Reaktionstemperatur gebracht und mit dem Hauptabgasstrom vereinigt.

4.4.1.2 Meßergebnisse

Die folgende Tabelle zeigt Meßergebnisse, die an der ersten Anlage an der MBA Rennerod ermittelt wurden.

Diese Anlage ist seit rund 8 Monaten in Betrieb und hat sich als verfügbarer Stand der Technik herausgestellt. Der Erdgasverbrauch liegt bei 2,5 m³ je behandelte Mg an Abfall.

Tab. 7: Messungen des TÜV im Rahmen der Abnahmemessung an der MBA-Rennerod

		Rohgas	Reingas	Genehmigung	Bemerkung
Messdatum		11. Mai	11. Mai		
Schwebstaub	mg/Nm ³		0,9	10	
Schwermetalle					
Cd	mg/Nm ³		< 0,005	Σ 0,05	kleiner Nachweisgrenze
Tl	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Hg	µg/Nm ³		3,7	30	
Sb	mg/Nm ³		< 0,005	Σ 0,5	kleiner Nachweisgrenze
As	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Pb	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Cr	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Co	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Cu	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Mn	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
Ni	mg/Nm ³		< 0,005		kleiner Nachweisgrenze
V	mg/Nm ³		< 0,005	kleiner Nachweisgrenze	
Sn	mg/Nm ³		< 0,005	kleiner Nachweisgrenze	
Gesamt-C	mg/Nm ³	201	2,4	10	(Silicagel)
Ammoniak	mg/Nm ³	65,4	9,7		
Dioxine I-TEQ	ng/Nm ³		0,002	0,1	max (inkl. NWG)

4.4.1.3 Bewältigung von Spitzenwerten im Rohgas

Das folgende Bild zeigt das Ergebnis der kontinuierlichen TOC-Messung im Rein- und Rohgas der Anlage.

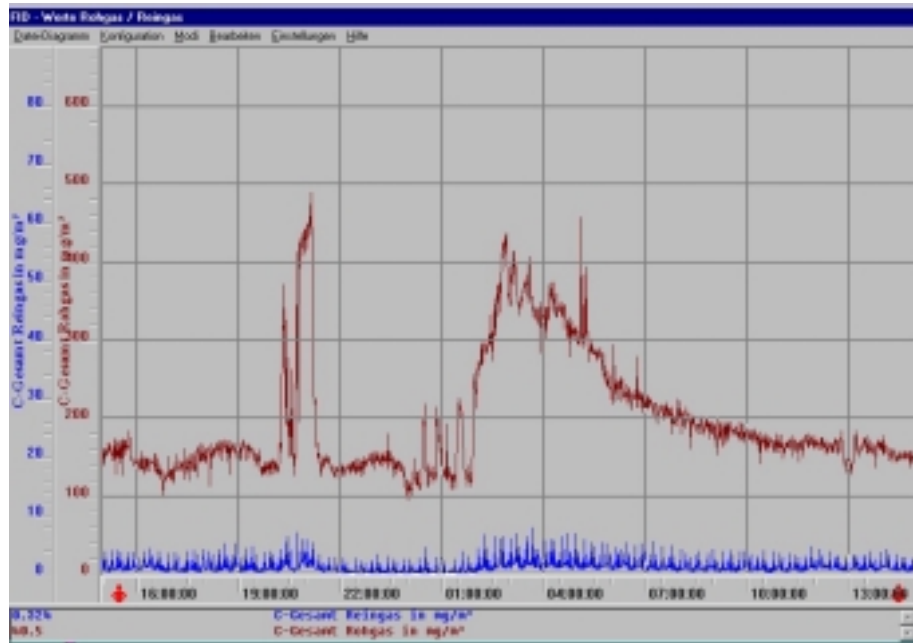


Bild 5: TOC-Konzentrationsverlauf Rohgas / Reingas vom 17.3.2000 der Trockenstabilat®-Anlage Rennerod

Die zweite Abgasbehandlungsanlagen diesen Typs wurde für die MBA Aßlar in Betrieb genommen. Diese Anlage soll mit Deponiegas (Schwachgas) betrieben werden und würde hiermit zusätzlich eine Entsorgungsfunktion übernehmen.

Weiter konnten für diese zweite Anlage auch strömungstechnische Optimierungen vorgenommen werden, so dass die TOC-Tagesmittelwerte sich im Bereich von < 1 bis 3 mg /m³ (N, tr.) einstellen.

Ausgehend von 2 mg/m³ an TOC und einem spezifischen Abgasvolumen von 3.000 bzw. 5.000 m³/Mg ergeben sich Frachtwerte von 6 bzw. 10 g TOC/Mg. Auch höhere Abgasmengen bis 10.000 m³/Mg könnten demnach auf das Niveau der 30. BImSchV „heruntergereinigt“ werden.

Allerdings ist es aus Kostengründen sinnvoll, über ein gezieltes Abgasmanagement die zu reinigenden Abgasmengen zu minimieren.

4.5 Sonstige Techniken

Zeitweise waren Plasmaverfahren in der Diskussion. Die technischen Schwierigkeiten bei der Nutzung des Plasmaverfahrens sind im hohen Aerosolanteil im MBA-Abgas zu sehen (Spannungsüberschläge).

4.6 Fazit Abgasreinigung

Wie dargestellt, tritt beim MBA-Abgas ein hohes Emissionspotenzial an human- und ökotoxischen Stoffen auf; es muss zudem als relevante Quelle für die Emission von Mikroorganismen gesehen werden.

Die bisher in der MBA eingesetzten Biofilter weisen erhebliche Leistungsdefizite für die erforderliche Abgasreinigung auf. Allerdings wurden die bisher vorliegenden Daten an MBAs mit Biofiltern gewonnen, die aufgrund der hohen Beladung mit NH_3 nicht funktionstüchtig gearbeitet haben.

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Vorgaben der 30. BImSchV mit thermischen Abgasreinigungstechniken eingehalten werden können.

Das Einhalten von staatlich vorgegebenen Grenzwerten ist sicherlich eine entscheidende Frage, ob eine Anlage oder eine Technik genehmigungsfähig ist. Hiervon getrennt zu untersuchen ist die Frage, wie derartige Vorgaben ökologisch zu bewerten sind. Schließlich ist die Frage von Bedeutung, mit welchem Aufwand, der auch ökologische Komponenten trägt, die jeweiligen Technikvarianten bei der Zielerreichung arbeiten. Gerade im Falle der 30. BImSchV wird von einer Reihe von Interessenträgern in Zweifel gezogen, ob die vergleichsweise hohen Anforderungen an die Abgasreinigung ökologisch gerechtfertigt sind.

Eine Abgasreinigung ist primär dazu da, die unmittelbare Nachbarschaft vor Emissionen zu schützen. Daher sind Argumente auf der Basis von ökobilanziellen Berechnungen häufig ungeeignet den Sinn oder Unsinn einer Auflage zu bewerten.

Abb. 6 zeigt, dass aber auch unter ökobilanziellem Betrachtungshorizont von der 30. BImSchV geforderte Abgasreinigung sinnvoll ist (35). Betrachtet wird in dieser Abbildung die Wirkungskategorie Treibhauseffekt. Man erkennt, dass die Mineralisierung der im MBA-Rohgas enthaltenen FCKW-Verbindungen für das Bilanzergebnis eine entscheidende Rolle spielen. Im Falle der MBA Aßlar wurde zusätzlich eingerechnet, welche Gutschriften eintreten, wenn anstelle von Erdgas Deponiegas für den Betrieb der Abgasreinigung verwendet wird. Im vorliegenden Fall wurde die Grenzbetrachtung gerechnet, dass das Deponiegas ansonsten ungefasst emittiert würde. Würde alternativ das Deponiegas verwertet oder über eine Fackel entsorgt, ergeben sich natürlich niedrigere bis deutlich niedrigere Gutschriften.

Aber vielleicht ist diese Diskussion auch nur noch von geringer Bedeutung und zu sehr rückwärts gewandt geführt. Der Ordnungsgeber hat entschieden. Wir glauben, dass schon in kurzer Zeit diese Debatte vergessen sein und in den kommenden Ausschreibungen die Vorteile der MBA gegenüber konkurrierenden Verfahren gerade mit den harten Anforderungen der 30. BImSchV begründet werden: Schau'n wir mal, wer alles dieses Argument benutzen wird.

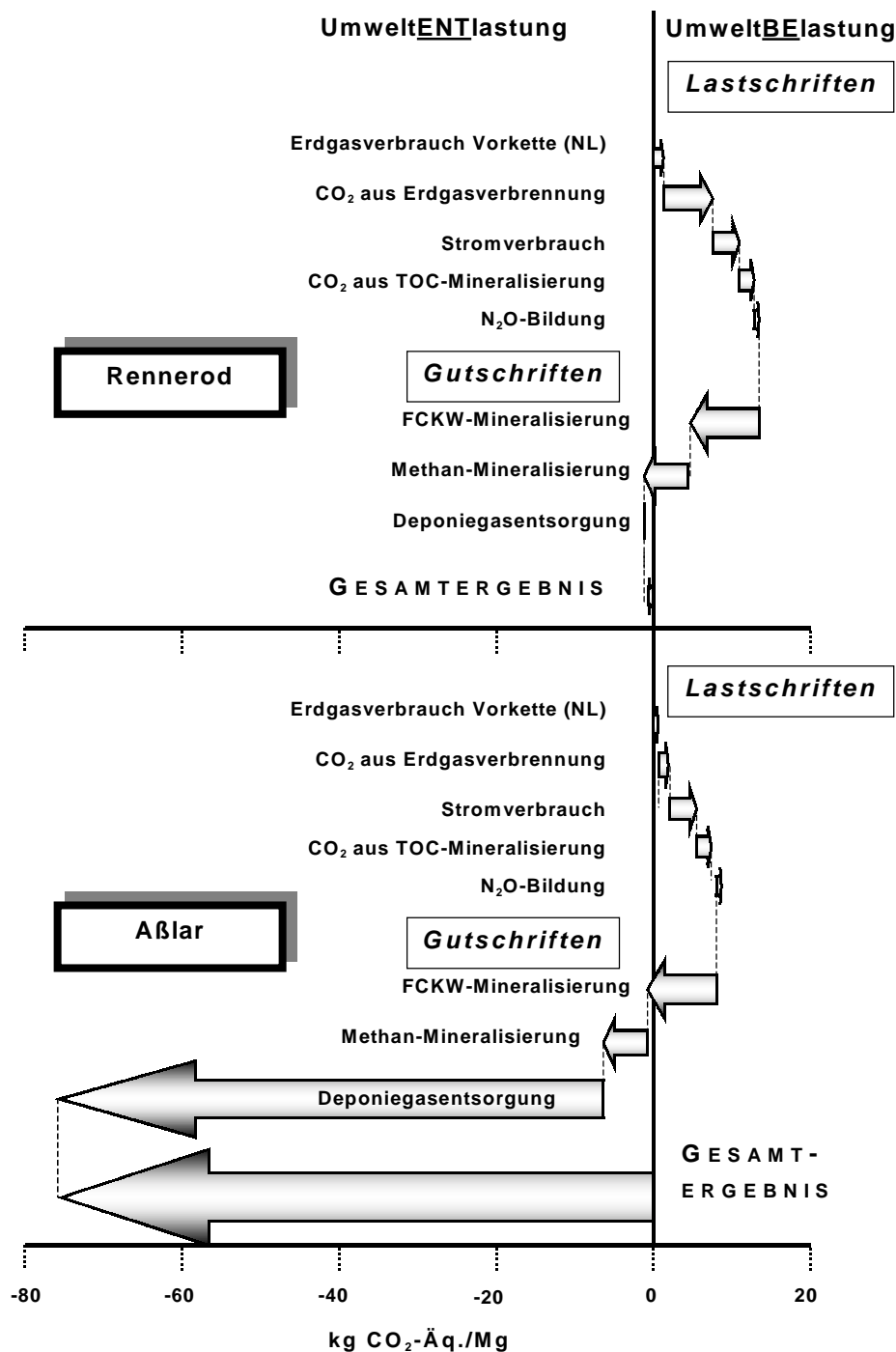


Bild 6: Ökobilanzielle Berechnung LARA – Bilanzstruktur des Ergebnisses zum Klimaschutz (Treibhauspotenzial) (35)

5 Integrierte Lösungsansätze zur Umsetzung der 30. BImSchV

Die Abgasreinigung stellt einen zentralen Baustein für das Finden von Lösungsansätzen zur Umsetzung der 30. BImSchV dar. Sie stellt aber auch nur einen Baustein dar, der zu ergänzen ist durch konzeptionelle Überlegungen, die Auswahl der Aufbereitungstechniken und insbesondere durch ablufttechnische Maßnahmen.

Analysiert man die bisher entwickelten Konzepte und Vorschläge, die beispielsweise seitens der am Markt agierenden Generalunternehmer des Anlagenbaus in Deutschland verfolgt werden, so sind drei grundsätzlich unterschiedliche Konzepte zu beobachten (36).

5.1 Trennung von Mechanik und Biologie

Da die biologische Stufe als die besonders emissionsträchtige Teilkomponente angesehen wird, bietet das Trennen von Biologie und Mechanik ggf. gewisse Vorteile.

Die Abgasreinigung zwingt, will man wirtschaftlich nicht gänzlich aus dem sprichwörtlichen Ruder laufen, zur Konzipierung von größeren Einheiten. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze wird mit 70.000 bis 80.000 Mg/a angesehen. Daher kann die MBA eigentlich nur als Zentralanlage angeboten werden.

Für eher ländlich strukturierte Räume könnte bei einer Abkopplung der Mechanik selbige dezentral (als MA) angeboten werden. So ergäbe sich die Kombination von mehreren dezentralen MAs mit einer zentralen BA. Hierbei ist offen, wie sich behördlicherseits die Anforderungen an die Abgasreinigung der MAs darstellen wird.

Derartige Konzepte sind in Zusammenhang mit der Aufbereitung von Ersatzbrennstoffen zu sehen. Insofern das Thema Ersatzbrennstoffe eine positive Entwicklung für die hieran interessierte Entsorgungsbranche nimmt, werden auch die heute in die Scheinverwertung gehenden Gewerbeabfälle mechanische Aufbereitungsanlagen benötigen. Somit stellt sich in diesem Szenario die Frage von Synergien mit kommunalen Restabfallkonzepten.

5.2 Anaerobe Vergärung

Sehr viele Anbieter versprechen sich über die Integration einer anaeroben Vergärung in das MBA-Konzept auch Vorteile bei der Lösung des Abgasproblems. In diesen Konzepten wird die wesentliche biologische Abbauleistung mit der Vergärung durchgeführt. Da das erzeugte Biogas energetisch verwertet wird, ergibt sich hierüber (im Gasmotor) eine thermische Abgasreinigung.

Erfahrungen mit der Restabfall-Vergärung sind noch nicht umfänglich gegeben. Es ist aber davon auszugehen, dass für das erzeugte Biogas eine vorgeschaltete Reinigung erforderlich sein dürfte (Schwefelverbindungen, Siliziumverbindungen).

Der abgetrennte Gärrückstand wäre anschließend aerob nachzubehandeln, damit die gewünschten Kriterien (Deponie oder energetische Verwertung) eingehalten werden. Hierbei soll häufig die extensive Nachrotte zum Zug kommen. Es ist aber davon auszugehen, dass zumindestens die ersten Tage nach der Vergärung in einem geschlossenen System mit Abgasfassung und -reinigung durchgeführt werden müssen. Dies ist angezeigt aufgrund der organischen Emissionen (u.a. Restmethan) und der Geruchsbelastung (NH_3 , H_2S , organische Schwefelverbindungen). Für diese Abgasmengen wird daher auch eine thermische Abgasreinigung angezeigt sein.

Für diesen Konzeptansatz ist schließlich das Thema Abwasser anzusprechen. Für die Trockenverfahren wird von den Anbietern erwartet, dass ein abwasserfreier Betrieb realisiert werden kann.

Insgesamt sind bei der Bewertung dieses konzeptionellen Wegs zwei Lager bzw. gegensätzliche Standpunkte zu beobachten. Natürlich wird von auf diese Konzepte eingestellte Planer und Anlagenbauern die Zukunftsfähigkeit sehr positiv gesehen. Es gibt aber auch viele warnende Stimmen, die insbesondere die technische Verfügbarkeit der Restmüll-Vergärung und die hiermit verbundenen Kosten kritisch sehen. Hier wird die Praxis letztlich zeigen, wie sich der Markt entwickeln wird.

5.3 Aerobe Behandlung

Die Stabilisierung und das Restabfallsplitting kann mit reiner aerober biologischer Behandlung durchgeführt werden. Insbesondere für Splittingkonzepte ergeben sich dabei aber die vergleichsweise höchsten Abgasmengen.

Daher gehört zu diesen Konzepten eine Weiterentwicklung des Abluft- bzw. Abgaskonzeptes. Hierzu wird die Abgas-Kreislaufführung intensiviert. Gleichzeitig werden veränderte energetische Konzepte vorgeschlagen.

Grenzl意思 für die Senkung des spezifischen Abgasvolumens ergeben sich aus dem für die Biologie benötigten Sauerstoffgehalt in der Zuluft zur Rotte. Eine weitere Grenzlinie ergibt sich aus dem Energieaustrag aus der Rotte, um die optimalen Betriebsbedingungen in der Rotte zu halten.

Bezüglich des Sauerstoffgehalts wird diskutiert, ob Werte unter 15 % nicht zu deutlich reduzierten Abbauleistungen in der Rotte führen. Weiter sind Arbeitsschutzaspekte mit anzusprechen.

Für die energetischen Betrachtungen sind Konzepte und Vorstellungen vorhanden und Verfügbar. Bereits heute werden in einzelnen MBAs Wärmetauscher eingesetzt. Weiter ist einzubeziehen, dass die Möglichkeit, mit deutlich höheren Abgastemperaturen (als beim Biofilter) in die Abgasreinigung gehen zu können, ein entscheidender energetischer Vorteil (für den Wasseraustrag) sein kann.

Insgesamt kann es in diesen Konzepten zu einer Marktverschiebung bei dem Einsatz der biologischen Verfahrenstechnik kommen. Gerade für die Hauptrotte dürften die großen Hallen mit ihren Tafelmieten eher schwierig umzusetzen sein. Hier kann es zu einer sprichwörtlichen Renaissance der Tunnelrotten etc. kommen.

Für die Nachrotte dürfte die automatisch umgesetzte Tafelmiete weiterhin eine große Marktchance haben.

6 Fazit

Die 30. BImSchV hebt das ökologische Niveau der MBA deutlich an (37). Die offenen Rotte-systeme sind in Deutschland als Auslaufmodell zu bezeichnen.

Es werden gegenwärtig verschiedene Lösungswege durch den Anlagenbau angeboten. Dies wird zu Konkurrenz und Wettbewerb führen, was sich nicht zuletzt positiv auf die Preise auswirken wird. Die verschiedenen Lösungswege werden in diesem Beitrag skizziert.

Die auf dem Gebiet der MBA tätigen Anlagenbauer haben u.E. die Herausforderungen erkannt, die sich aus dem neuen Rechtsrahmen ergeben. **Uns sind anno 2001 keine Anbieter von MBA-Anlagen (als Generalunternehmer) bekannt geworden, die sich die Umsetzung der 30. BImSchV nicht zutrauen.**

7 Literatur

- 1 Koalitionsvertrag SPD/Bündnis 90/DIE GRÜNEN, <http://www.spd.de/politik/koalition/vier.html>: "Die neue Bundesregierung wird Wettbewerb, Vielfalt und Innovation stärken, um ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchzusetzen, die mechanisch-biologische Verfahren einschließen."
- 2 Beschluss Bundesregierung vom 20. September 2000
- 3 Beschluss Bundesrat vom 21. Dezember 2000, Drucksache 596/00 vom 04.01.01
- 4 Bundesrat: Drucksache 596/00 (Beschluss und Anlagen), 04. Januar 2001

- 5 Lahl U., Zeschmar-Lahl B., Scheidl K., Scharf W. Konrad W.: Abluftemissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich. Hrsg.: BMUJF, UBA-Monographien Bd. 104, Wien, 1998
- 6 Umweltbundesamt: Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Anlage Allerheiligen. BE-139, Wien, Januar 1999
- 7 Umweltbundesamt: Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Pilotanlage Kufstein. Bericht BE-126, 1999
- 8 Umweltbundesamt: Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Anlage Siggerwiesen. Bericht BE-138, 1999
- 9 Häusler G. et al.: Emissionsvergleich MBA/MVA. Umweltbundesamt Wien, Interner Bericht 613 (2000)
- 10 Jay K., Stieglitz L.: Identification and quantification of volatile organic components in emissions of waste incineration plants. *Chemosphere* Vol. 30, No. 7, 1249–1260, 1995.
- 11 Cuhls C., Doedens H.: Abluftemissionen aus der MBA und deren Minderungstechniken nach dem Stand der Technik. In: *Abluft und Abluftreinigung bei der Mechanisch-biologischen Abfallbehandlung*. Wien 2000
- 12 Zeschmar-Lahl B., Lahl U.: Hygienefragen: Bedeutung in abfallrechtlichen Genehmigungsverfahren. *Wasser + Boden* 10, 5 - 15, 1997
- 13 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Untersuchungen der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostierungsanlagen. Projekt Nr. 04.006, 1996 - 1998, 1. Sachstandsbericht der Projektgruppe, Dezember 1996
- 14 Millner D., Marsh P.B., Snowdon R.B., Parr J.F.: Occurrence of *Aspergillus fumigatus* during composting of sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 12, 765 - 772, 1977
- 15 Rüden H., Fischer P., Thofern E.: Mikroorganismen in der Außenluft während eines Winterhalbjahres. *ZBl. Hyg., 1. Abt. Orig. B* 166, 332 - 352, 1978

- 16 Rüden H., Martiny H., Jager E., Wlodavezyk K., Bahr E.: Luftkeime in Risikobereichen. KrankenhausTechnik 7, 37 - 40, 1987
- 17 Jager E., Eckrich C.: Hygienic aspects of biowaste composting. Waste Collection and Recycling - bioaerosol exposure and health problems. International Meeting, Copenhagen, 13./14.9.1996
- 18 Fack T., Philipp W.: Ergebnisse lufthygienischer Untersuchungen. In: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft (DVG): Bericht des 5. Hohenheimer Seminars: Nachweis und Bewertung von Keimemissionen bei der Entsorgung von kommunalen Abfällen sowie spezielle Hygieneprobleme der Bioabfallkompostierung, 244 - 255, 1994
- 19 Grüner C.: Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen. VDI-Bildungswerk: Planung von MBA, Betriebserfahrungen, Risiken. Seminar 43-98-02, 3./4.3.1997, Düsseldorf
- 20 Eckrich C., Jager E., Rüden H., Jager J.: Keimkonzentrationen aus der Sicht der Immunologie. In: Mücke W.: Keimbelastung in der Abfallwirtschaft. Tagung 26.4.1995, München, Institut für Toxikologie und Umwelthygiene, TU München, S. 51 - 75, 1995
- 21 zur Nieden A.: Emission von Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen unter Einbeziehung der Immissionssituation der Umgebung. Diplomarbeit, FH Gießen, FB Technisches Gesundheitswesen, Dezember 1995
- 22 Diehl K., Hofmann R.: Literaturstudie zu Hygieneproblemen von Kompostierungsanlagen unter Berücksichtigung der möglichen Gesundheitsgefahren in der Nähe lebender Anwohner; UBA, WaBoLu-Heft 11/96, November 1996
- 23 Hofmann R.: Hygiene bei der Kompostierung. 2. BMBF-Statusseminar „Neue Techniken zur Kompostierung“, 6.-8.11.1996, Hamburg
- 24 Syzdek L.D., Haines J.H.: Monitoring Aspergillus fumigatus aerosols from a composting facility. Aerobiologia 11, 87 - 93, 1995
- 25 State of New York, Department of Health, Center for Environmental Health, Albany/N.Y.: a prospective Study of health symptoms and bioaerosol levels near a yard waste composting facility. March 1994

- 26 Zeschmar-Lahl B., Jager J., Ketelsen K., Lahl U., Scheidl K., Steiner M., Heckmann A.: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Europa. Hrsg.: VKS e.V., A.S.A. e.V., Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2000
- 27 Ketelsen K.: Abluftmanagement von MBA nach 30. BImSchV. VDI-Bildungswerk: Anlagentechnik für die Abluftreinigung an MBA. Seminar 43-83-02, 12.9.2000, Düsseldorf
- 28 Torres E.M., Basrai S.S., Kogan V. (1996): Evaluation of two biotechnologies controlling POTW air emissions. Biofiltration 1996. Int. Symp., 3.-6 .10.1996, Los Angeles, Tagungsband, S. 182–197
- 29 Cuhls C.: Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Dissertation, ISAH/Universität Hannover, 1999
- 30 Breeger A.: Das BCO-Verfahren zur Reinigung von MBA-Ablüften (Biological-Chemical-Oxidation). Konsequenzen aus der angekündigten neuen BImSchV. VDI-Bildungswerk: Anlagentechnik für die Abluftreinigung an MBA. Seminar 43-83-02, 12.9.2000, Düsseldorf
- 31 Cuhls C., Doedens H. (1998): Emissionen aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen. In: DepoTech 1998 – Abfallbehandlung, Deponietechnik, Entsorgungsbergbau und Altlastenproblematik. Rotterdam: Balkema, 1998, 33–48
- 32 Zeschmar-Lahl B., Jager J., Ketelsen K., Lahl U., Scheidl K., Steiner M., Heckmann A.: Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Europa. Hrsg.: VKS e.V., A.S.A. e.V., Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2000
- 33 MBA Bassum, MBA Wiewärthe und MBA Allerheiligen (A)
- 34 Wengenroth K., Grünekle E.: Praktische Erfahrungen bei der Abluftbehandlung des Trockenstabilat®-Verfahrens – Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb der Anlage in Rennerod. VDI-Bildungswerk: Anlagentechnik für die Abluftreinigung an MBA. Seminar 43-83-02, 12.9.2000, Düsseldorf
- 35 BZL GmbH: Thermisch-regenerative Abgasreinigung für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung. Studie im Auftrag der Herhof Umwelttechnik GmbH. Oyten, 03.11.2000
- 36 BZL GmbH: Marktstudie MBA in Mitteleuropa. VDMA, Abschlußbericht in Arbeit.

- 37 Lahl U., Kossina I., Angerer T., Zeschmar-Lahl B.: Unterschiedliche Ansätze zur Bewertung von Ökobilanzen am Beispiel der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. In: Wiemer K., Kern M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung IV. Witzenhausen-Institut, 578-605, 2000